

(43)公開日 平成10年(1998)3月10日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	Z
G 0 1 R 33/09			H 0 1 F 10/00	
H 0 1 F 10/00			G 0 1 R 33/06	R

審査請求 未請求 請求項の数12 FD (全 9 頁)

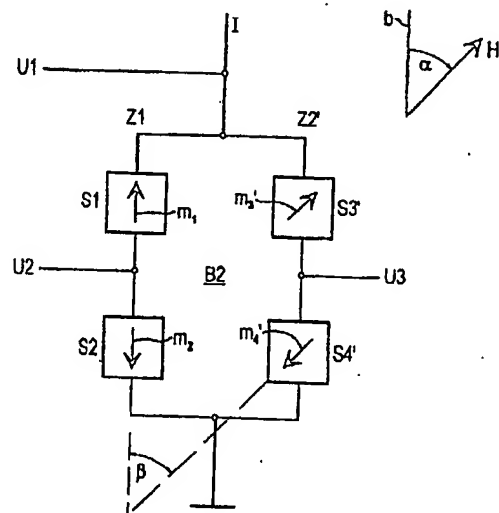
<p>(21)出願番号 特願平9-137824</p> <p>(22)出願日 平成9年(1997)5月12日</p> <p>(31)優先権主張番号 19619806.2</p> <p>(32)優先日 1996年5月15日</p> <p>(33)優先権主張国 ドイツ(DE)</p>	<p>(71)出願人 390039413 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト SIEMENS AKTIENGESSEL LSCHAFT ドイツ連邦共和国 ベルリン 及び ミュ ンヘン (番地なし)</p> <p>(72)発明者 ウォルフガング クレメンス ドイツ連邦共和国 90617 ブツシエンド ルフ コルンシュトラーセ 5</p> <p>(74)代理人 弁理士 富村 誠</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 外部磁界を検出するためのセンサ装置

(57)【要約】

【課題】 軟磁性の測定層と、予め定められた磁化方向を有する磁氣的に硬いパイアス層部分とを含んでおり、また大きい磁気抵抗効果（GMR）を示すそれぞれ1つの薄膜構造を有する多数の磁気抵抗式センサ要素を有する外部磁界を検出するためのセンサ装置を、少数のセンサ要素により外部磁界の方向および／または強さの検出が可能とされるように構成する。その際に要素の全体の温度依存性の影響も抑制する。

【解決手段】 バイアス層部分の磁化方向 m_1 、 m_2 が少なくともほぼ互いに逆並列に向けられまた基準線 b を定めるセンサ要素の少なくとも1つの対 $S1$ 、 $S2$ が設けられており、またバイアス層部分の磁化方向 m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 が前記基準線 b と予め定められた角度 β をなす少なくとも1つの別のセンサ要素 $S3$ 、 $S3'$ 、 $S4$ 、 $S4'$ が設けられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 軟磁性の測定層と、予め定められた磁化方向を有する磁氣的に硬いバイアス層部分とを含んでおり、また大きい磁気抵抗効果（GMR）を示すそれぞれ1つの薄膜構造を有する多数の磁気抵抗式センサ要素を有する外部磁界を検出するためのセンサ装置において、バイアス層部分の磁化方向（ m_1 、 m_2 ）が少なくともほぼ互いに逆並列に向けられた基準線（ b ）を定めるセンサ要素の少なくとも1つの対（ $S1$ 、 $S2$ ）が設けられており、バイアス層部分の磁化方向（ m_1 、 m_2 、 m_1' 、 m_2' ）が前記基準線（ b ）と予め定められた角度（ β ）をなす少なくとも1つの別のセンサ要素（ $S3$ 、 $S3'$ 、 $S4$ 、 $S4'$ ）が設けられていることを特徴とする外部磁界を検出するためのセンサ装置。

【請求項2】 前記の少なくとも1つの別のセンサ要素（ $S3$ 、 $S3'$ 、 $S4$ 、 $S4'$ ）の磁化方向と前記基準線（ b ）との間の角度（ β ）が 10° と 170° との間、好ましくは 20° と 160° との間であることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項3】 前記の少なくとも1つの別のセンサ要素（ $S3$ 、 $S4$ ）のバイアス層部分の磁化方向（ m_1 、 m_2 ）が少なくとも近似的に前記基準線（ b ）に対して垂直に延びていることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項4】 前記の少なくとも1つの別のセンサ要素（ $S3'$ 、 $S4'$ ）のバイアス層部分の磁化方向（ m_1' 、 m_2' ）と前記基準線（ b ）とが少なくとも近似的に 45° の角度（ β ）をなすことを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項5】 前記のセンサ要素の少なくとも1つの対（ $S1$ 、 $S2$ ）が第1の電流枝路（ $Z1$ ）に、また前記の少なくとも1つの別のセンサ要素（ $S3$ 、 $S3'$ 、 $S4$ 、 $S4'$ ）が第2の電流枝路（ $Z2$ 、 $Z2'$ 、 $Z2''$ ）に配置されていることを特徴とする請求項1ないし4の1つに記載の装置。

【請求項6】 2つのセンサ要素（ $S1$ 、 $S2$ ）を有する第1の電流枝路（ $Z1$ ）と別のセンサ要素（ $S3$ 、 $S3'$ ）を有する第1の電流枝路（ $Z2'$ ）とがそれぞれ一定電流（ $I1$ または $I2$ ）を流されていることを特徴とする請求項5記載の装置。

【請求項7】 両電流枝路（ $Z1$ 、 $Z2'$ ）が一方の側で電氣的に一括接続されていることを特徴とする請求項6記載の装置。

【請求項8】 電流枝路（ $Z1$ 、 $Z2''$ ）の直列配置を特徴とする請求項7記載の装置。

【請求項9】 両電流枝路（ $Z1$ ； $Z2$ 、 $Z2'$ ）が少なくとも4つのセンサ要素（ $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S3'$ 、 $S4$ 、 $S4'$ ）のブリッジ配置（ $B1$ 、 $B2$ ）のブリッジ枝路であることを特徴とする請求項5記載の装置。

【請求項10】 各電流枝路（ $Z1$ 、 $Z2$ 、 $Z2'$ ）内

でセンサ要素（ $S1$ 、 $S2$ または $S3$ 、 $S4$ ； $S3'$ 、 $S4'$ ）が少なくともほぼ互いに逆並列に向けられた磁化方向（ m_1 、 m_2 または m_3 、 m_4 ； m_3' 、 m_4' ）を有することを特徴とする請求項9記載の装置。

【請求項11】 すべてのセンサ要素（ $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S3'$ 、 $S4$ 、 $S4'$ ）が、少なくとも近似的に第1の抵抗部分（基本抵抗）と、外部の磁界に関係して変化する第2の抵抗部分とに分解される抵抗を有する層構造を有し、またすべてのセンサ要素が少なくとも近似的に同一の第1の抵抗部分および同一の第1の抵抗部分を有することを特徴とする請求項1ないし10の1つに記載の装置。

【請求項12】 センサ要素（ $S1$ 、 $S2$ 、 $S3$ 、 $S3'$ 、 $S4$ 、 $S4'$ ）が等しい層構造および等しい形状を有することを特徴とする請求項11記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、軟磁性の測定層と予め定められた磁化方向を有する磁氣的に硬いバイアス層部分とを含みまた大きい磁気抵抗効果（GMR）を示すそれぞれ1つの薄膜構造を有する多数の磁気抵抗式センサ要素を備えた外部磁界を検出するためのセンサ装置に関する。このようなセンサ装置はドイツ特許出願公開第4427495号明細書に記載されている。

【0002】

【従来の技術】Ni、FeまたはCoおよびそれらの合金のような強磁性の遷移金属から成る層では電気抵抗は材料を貫く磁界の大きさおよび方向に関係して変化し得る。このような層において生ずる効果は異方性の磁気抵抗（AMR）または異方性の磁気抵抗効果と呼ばれる。この効果は物理的には相異なるスピンおよびDバンドのスピン極性を有する電子の相異なる散乱断面積に基づいている。従って電子は多数または少数電子と呼ばれる。相応の磁気抵抗式センサに対して一般に層平面内に磁化方向を有するような磁気抵抗性材料から成る薄い層が設けられている。その場合電流方向に対する磁化方向の回転の際の抵抗変化は通常の等方性（＝オーム性）抵抗の数%であり得る。

【0003】さらに、少し前から、それぞれ非磁性の中間層により互いに隔てられまたそれぞれ好ましくは層平面内に位置する磁化方向を有するスタックとして配置されている多数の層を含んでいる磁気抵抗式層システムが知られている。その際個々の層の厚みは伝導電子の平均自由波長よりも明らかに小さく選ばれている。このような多層システムでは前記の異方性の磁気抵抗効果（AMR）に対して追加的にいわゆるジャイアント・磁気抵抗効果またはジャイアント・磁気抵抗（GMR）が生じ得る（たとえばヨーロッパ特許出願公開第0483373号明細書参照）。このようなGMR効果は強磁性の層とそれに隣接する中間層との間の境界面における多数および少数

の伝導電子の相異なる強さの散乱ならびにこれらの層内での散乱効果に基づいている。その際GMR効果は等方性の効果である。この効果は異方性の効果(AMR)よりも著しく大きく、通常の等方性の抵抗の少なくとも70%までの値をとり得る。GMR効果を示す第1の形式の多層システムでは隣接する磁性層は外部磁界なしでは相互結合に基づいて磁氣的に逆並列に向けられている。この向きは次いで外部磁界により並列な向きに移行させられる。それにくらべて第2の形式のGMR多層システムは、(磁氣的に軟かい)測定層よりも磁氣的に硬いバイアス層またはバイアス層部分を有する。これらの両層は非磁性の中間層により互いに磁氣的に脱結合されている。互いに何等かの形で外部磁界なしで、両磁性層の磁化方向は向き合っており、たとえば逆並列である。次いで外部磁界の影響のもとに、軟磁性の測定層の磁化方向は磁界方向に相応して向けられ、他方において磁氣的に硬いほうのバイアス層の磁化方向は不変にとどまる。その際に両磁性層の磁化方向の間の角度は多層システムの抵抗を決定する。すなわち並列な向きでは抵抗は小さく、また逆並列な向きでは抵抗は大きい。磁気抵抗式センサではこの事実が利用される。

【0004】ブリッジ回路として接続された4つの磁気抵抗式センサ要素を有するセンサ装置は冒頭に記載したドイツ特許出願公開明細書に端を発している。その際に各ブリッジ枝路の2つのセンサ要素は、少なくともほぼ互いに逆並列に向けられているそれらのバイアス層部分の磁化方向を有する。これらのセンサ要素は従って前記の第2の形式のものである。

【0005】第2の形式のGMRセンサ要素を有するこのような多層システムでは電気抵抗は2つの部分、すなわち磁界に敏感な部分 ΔR とそれと無関係な基本抵抗 R とに分解できる。その際敏感なシステムでは磁界に敏感な部分 ΔR はたとえば基本抵抗 R の5ないし30%である。センサ信号の電子的評価の際に基本抵抗 R は有害なオフセット電圧として作用する。さらに、特に基本抵抗 R が動作温度 T への依存性を有することが判明している。たとえば室温 T_0 では、ホノンの温度に強く関係する寄与に起因する基本抵抗 R は近似的に T/T_0 に比例しており、またたとえばケルビンあたり約0.1%である。このような変化は多くの応用例に対して望ましくない。この理由から、追加的な温度センサを有する個々の磁気抵抗式センサが設けられており、または4つのセンサを有するブリッジ回路の構成に移行している。

【0006】それぞれ磁氣的に硬いほうのバイアス層部分および磁氣的に軟かいほうの測定層を有する第2の形式の磁性層システムを有する4つのGMRセンサ要素からなる公知のブリッジ回路によっては、外部磁界の成分に関する180°の角度範囲のみが検出され得る。従って、360°の全角度範囲に対しては、ブリッジ回路を

有する別のセンサ装置を設ける必要があり、その際に両ブリッジの基準軸線は互いに直交している。すなわち、角度情報に対して互いに垂直な磁化方向を有する2つのセンサ装置が、またオフセット電圧補償に対してブリッジ回路を有するセンサ装置が必要である。しかしこのことは、全体として相応に大きい面積を占め、また互いに平衡されなければならない8つのセンサ要素が必要とされることを意味する。

【0007】

- 10 【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、冒頭に記載した特徴を有するセンサ装置を、少数のセンサ要素により外部磁界の方向および/または強さの検出が可能となるように構成することにある、その際に要素の全体の温度依存性の影響も抑制されなければならない。

【0008】

【課題を解決するための手段】この課題は、本発明によれば、バイアス層部分の磁化方向が少なくともほぼ互いに逆並列に向けられ、また基準線を定めるセンサ要素の少なくとも1つの対が設けられ、バイアス層部分の磁化方向が前記基準線と予め定められた角度をなす少なくとも1つの別のセンサ要素が設けられることにより解決される。

- 20 【0009】センサ装置のこの構成と結び付けられ利点は特に、電気抵抗の両部分、すなわち磁界依存性の部分および温度依存性の部分が別々に電子的に評価され、その際にオフセット電圧がもはや与えられていないことにある。すなわち本発明は、基準方向を定める逆並列の磁化方向をバイアス層部分に有する少なくとも2つのセンサ要素が実質上純粋に温度依存性の信号を発生するために利用され得るという認識から出発している。その際に第1の電流枝路は温度補償のためにも180°までの方向決定のためにも必要とされる。それに対して、別の電流枝路は検出すべき角度範囲を360°まで高め、および/またはより正確に検出する役割をする。センサ装置の寸法は、センサ要素の数が最小であるために、相応に小さくすることができる。従って、このようなセンサ装置は経済的に製造することができる。

【0010】本発明によるセンサ装置の有利な実施態様は従属請求項に記載されている。

【0011】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。図面中で相応する部分には同一の符号が付されている。

【0012】本発明によるセンサ装置に適したセンサ要素は、非常に大きい磁気抵抗効果GMRを示す多層システムを有する磁気抵抗性要素の薄膜技術で製造される公知の実施例から出発している。このような多層システムはそれ自体は公知である(たとえばヨーロッパ特許出願公開第0483373号またはドイツ特許出願公開第4232244号、第4243357号または第4243358号明細書参照)。そ

4-21

の磁気抵抗効果 M_r は少なくとも2%でなければならない。その際に定義により

【数1】

$$M_r = [R(\uparrow\downarrow) - R(\uparrow\uparrow)] / R(\uparrow\uparrow)$$

が成立する。センサ要素の磁界方向感受性のゆえに磁気抵抗効果 M_r はバイアス層または相応のバイアス層部分に関する測定層の逆並列の向きと並列の向きとの間の抵抗の差を示す。その際に、磁氣的に軟かいほうの測定層が外部の磁界の方向を向き、他方において磁氣的に硬いバイアス層が磁化方向を維持することから出発する。上記の式において測定層およびバイアス層の磁化の相互の向きは矢印の位置により示されている。

【0013】相応のセンサ要素は、基板の上に被覆された、GMR要素に対して典型的な薄膜パイルを含んでいる。この薄膜パイルはなかならず1つまたはそれ以上の層を含んでいる磁氣的なバイアス層部分を有する。このバイアス層部分により固定的な磁化方向がセンサ要素の基準方向として予め定められている。図1中にはセンサ*

$$R(\alpha, T) = R_0(T) + \Delta R(\alpha, T)$$

である。

【0016】磁界に敏感な部分の角度依存性は主として角度 α のコサイン状の関係により記述することができ ※

$$R(\alpha, T) = R_0(T) + (1/2) \cdot \Delta R(T) [1 - \cos \alpha] \quad (2)$$

を示す。その際にダイアグラムで縦座標には抵抗 R が(任意の単位で)、また横座標には角度 α が(度で)とられている。値 $R = R_0$ の際にバイアス層部分および測定層の磁化方向は並列に向けられており、他方において☆

$$\begin{aligned} U(\alpha, T) &= R(\alpha, T) / I \\ &= U_0(T) + \Delta U(\alpha, T) \\ &= U_0(T) + (1/2) \cdot \Delta U(T) [1 - \cos \alpha] \quad (3) \end{aligned}$$

【0018】本発明によるセンサ装置は、すべて可能な限りほぼ同一の基本抵抗 $R_0(T)$ および磁界感受性の抵抗 $\Delta R(\alpha, T)$ を有する少なくとも3つの相応のセンサ要素を含んでいる。従って、すべての要素は特に等しい構成および等しい形状を有し得る。有利には、図2の実施例の基礎となっているように、4つのセンサ要素S1ないしS4を有するそれ自体は公知のブリッジ配置(ブリッジ回路)B1が設けられていてよい(たとえば文献シュリューファー(E. Schrüfer)著「電気測定技術(Elektrische Messtechnik)」第6版、1995年、カール・ハンザー(Carl Hanser)出版、ミュンヘン、第226～237頁参照)。図示のブリッジ回路B1は、ブリッジの2つの接続点A1とA2との間に並列接続されており、また2つの独立した半ブリッジである2つの電流またはブリッジ枝路Z1およびZ2を含んでいる。ブリッジを介して接続点A1およびA2に電流Iが導かれなければならない。各ブリッジ枝路Z1およびZ2は直列に接続されている2つのセンサ要素S1およびS2またはS3およびS4を含んでいる。各ブリッジ枝路の両要素の間にブリッジの測定点P1またはP2が

*要素S1におけるこの磁化方向が参照符号 m_1 を付された矢印線により示されている。この矢印線は示されているセンサ要素に対して基準方向または基準線を示す。

【0014】さらに、相応のセンサ要素は軟磁性の測定層を有しその磁化方向は外部に与えられる磁界のほうを向いている。センサ要素の抵抗はバイアス層部分の磁化にくらべての測定層の磁化の相対的な向きに関係する。この抵抗変化が、与えられた磁界の方向、従ってまたたとえば回転位置または絶対位置を決定するために利用され得る(国際特許出願公開第94/17426号明細書参照)。

【0015】このようなセンサ要素の抵抗 R は主として基本抵抗 R_0 、および磁界に敏感な抵抗 ΔR から成っている。その際に基本抵抗は主として温度 T のみに関係し、他方において磁界に敏感な部分は温度 T にも、また外部の磁界 H が予め定められた磁界の強さの範囲内でセンサ要素の基準方向 b_1 となす角度 α にも関係する(図1参照)。すなわち

【数2】

(1)

20※。図1のダイアグラムは相応の曲線

【数3】

☆ $R = R_0 + \Delta R$ の際の磁化方向は逆並列に延びている。

【0017】電流 I を流されるセンサ要素では相応の電圧 U を測定することができる。

【数4】

位置している。これらの測定点から測定電圧 U_2 または U_3 が取り出される。その際に本発明によるブリッジでは測定点の間のブリッジ電圧を電圧間の簡単な差形成により得ることは可能でない。なぜならば、半ブリッジである各々の電流枝路は独立的に考察しなければならない、すなわち電圧 U_2 および U_3 を独立的に取り出さなければならないからである。図面中にはさらに個々のセンサ要素S1およびS4のところにそのつどのバイアス層部分の方向付けられた磁化 m_1 、ないし m_4 が矢印線により示されている。その際にたとえば磁化 m_1 および m_4 はセンサ装置の基準線 b を決定する。本発明によれば、各ブリッジ枝路Z1、Z2において両センサ要素S1、S2またはS3、S4は、それぞれ少なくとも近似的に逆並列に向けられている磁化 m_1 、 m_2 または m_3 、 m_4 を有する。さらに、第1のブリッジ枝路Z1内のセンサ要素S1、S2のバイアス層部分の磁化 m_1 、 m_2 または基準線 b は、それらが他方のブリッジ枝路Z2内のセンサ要素S3、S4のバイアス層部分の磁化 m_3 、 m_4 により相応に決定される基準線と等または180°に等しくない角度をなすように延びてい

ればならない。有利には 10° と 170° との間、特に 20° と 160° との間、好ましくは 40° と 140° との間の角度が選ばれる。図2による実施例によれば、磁化 m_1 、 m_2 、または m_1 および m_2 はそれぞれ少なくとも近似的に互いに直交している。その際に、ブリッジ回路のすべてのセンサ要素が可能な限り同一の基本抵抗 R 、 (T) および磁界に敏感な抵抗 $\Delta R(\alpha, T)$ を有すると有利である。その場合、ブリッジを経て電流 I ＊

$$\begin{aligned} U_1 &= 2 \{ U_0 \cdot (T) + (1/2) \cdot \Delta U(T) \} \\ U_2 &= U_0 \cdot (T) + (1/2) \cdot \Delta U(T) (1 + \cos \alpha) \\ U_3 &= U_0 \cdot (T) + (1/2) \cdot \Delta U(T) (1 + \sin \alpha) \end{aligned} \quad (4)$$

【0020】 U_0 は基本抵抗により決定される電圧である。電圧 U_1 、従ってまたブリッジ抵抗はこうして主としてセンサ装置の温度のみに関係し、与えられた磁界には関係しない。電圧 U_1 、 U_2 および U_3 の相応の差し＊

$$\begin{aligned} U_2 - (1/2) \cdot U_1 &= (1/2) \cdot \Delta U(T) \cos \alpha \\ U_3 - (1/2) \cdot U_1 &= (1/2) \cdot \Delta U(T) \sin \alpha \end{aligned} \quad (5)$$

【数7】

$$\begin{aligned} 2 \cdot U_2 - U_1 &= \Delta U(T) \cos \alpha \\ 2 \cdot U_3 - U_1 &= \Delta U(T) \sin \alpha \end{aligned} \quad (6)$$

【0021】式(5)中に示されている差はたとえば図4に示されているような回路により得られる。この回路の両抵抗 R' および R'' は高抵抗でなければならず、また電圧 U_1 に対する分圧器としての役割をする。センサ要素の抵抗の製造に起因する差のゆえに抵抗 R' および R'' は等しくないことがある。しかし以下では、 $R' = R''$ である理想的な場合を仮定する。その際に回路の中央の菱形は図2による4つのセンサ要素 S_1 ないし S_4 を有する本発明によるセンサ装置のブリッジ配置 B_1 を示す。回路の2つの演算増幅器は符号 O_1 または O_2 を付されている。これらの出力端 a_1 または a_2 から式(5)による電圧 $U_2 - (1/2) \cdot U_1$ または $U_3 - (1/2) \cdot U_1$ が取り出される。これらの電圧信号の曲線は図5のダイアグラムに示されている。その際に縦座標方向には電圧 U が(任意の単位で)、また横座標方向には角度 α が(度で)とられている。このダイアグラムからわかるように、 $\pm (1/2) \cdot \Delta U$ の振幅を有する2つのコサインまたはサイン状の電圧信号が得られる。この値は通常の標準ブリッジの電圧信号の半分に相当する。

【0022】式(6)からわかるような電圧差はたとえば図6に示されている回路により得られる。図4による実施例にくらべて、ここではもう2つの別の演算増幅器 O_3 、 O_4 または O_5 、 O_6 が必要である。その際に演算増幅器 O_1 の非反転入力端には電圧差 $U_1 - U_2$ が与えられており、他方において演算増幅器 O_2 の非反転入力端には電圧差 $U_1 - U_3$ が与えられている。演算増幅器 O_1 または O_2 の出力端 a_1 および a_2 から電圧差 $2 \cdot U_2 - U_1$ または $2 \cdot U_3 - U_1$ が取り出されている。相応の電圧信号が図7のダイアグラム中に示されて

＊を流せば、接続点 A_1 および測定点 P_1 および P_2 に、基準線 b にくらべての外部磁界 H の角度 α に関係する電圧 U_1 、 U_2 および U_3 が得られる。図示の実施例によれば、接続点 A_2 は零電位におかれている。

【0019】縦座標方向に電圧 U (任意の単位で)、また横座標方向に角度 α (度で)が示されている図3のダイアグラムから、下記の電圧が生ずる。

【数5】

＊引きにより、電圧 ΔU の磁界に敏感な部分のみに関係する信号が得られる。

【数6】

おり、その際に図5に相応する図示の仕方が選ばれている。このダイアグラムから $\pm \Delta U$ の振幅を有する2つのコサインまたはサイン状の電圧信号が得られることがわかる。この値は前記の標準ブリッジの電圧信号に相当する。

【0023】式(5)および(6)による信号は次いでそれ自体は公知の仕方で適当な回路を用いて温度補償され、かつ、たとえば無接触のポテンシオメータに対して必要とされるような外部磁界 H の方向を決定するため、爾後処理される。

【0024】本発明によるセンサ装置のブリッジ配置 B_1 の図2中に示されている実施例によれば、センサ要素 S_3 および S_4 のバイアス層部分の磁化 m_1 、および m_2 、が他方のセンサ要素 S_1 および S_2 のバイアス層部分の磁化 m_1 、および m_2 、の方向により決定される基準線 b に対して少なくとも近似的に垂直に向けられていることから出発した。しかし、たとえば磁化 m_1 、および m_2 、の方向が基準線 b と任意の角度($\neq 0^\circ$ または $\neq 180^\circ$)をなすことも可能である。有利には、この角度は 10° と 170° との間、特に 20° と 160° との間、好ましくは 40° と 140° との間であるべきであろう。図8は図2に相応する図示の仕方ではブリッジ配置 B_2 の相応の実施例を示す。ブリッジ配置 B_2 は4つのセンサ要素 S_1 、 S_2 、 S_3' (バイアス磁化 m_1 、'を有する)および S_4' (バイアス磁化 m_1 、'を有する)を含んでいる。バイアス磁化 m_1 、'および m_2 、'、すなわちそれらにより決定される基準線はその際に磁化 m_1 、および m_2 、により決定される基準線 b と 45° の角度 β をなす。その場合、図2とのアナロジーで下記の信号が生ずる。

【数8】

$$U2 - (1/2) \cdot U1 = (1/2) \cdot \Delta U(T) \cos \alpha$$

$$U3 - (1/2) \cdot U1 = (1/2) \cdot \Delta U(T) \cos (\alpha - \beta) \quad (7)$$

【0025】このブリッジ配置は特に、特定の角度範囲内で無接触のポテンシオメータの分解能を改善する役割をし得る。なぜならば、コサイン状の信号の直線的範囲が一層よく利用されるからである。

【0026】ブリッジ配置B1およびB2の図示されている実施例と異なり、個々のセンサ要素を多数の並列または直列に接続されている要素により置換することももちろん可能である。

【0027】さらに、本発明によるセンサ装置は少なくとも2つのブリッジ配置B1および/またはB2から成る直列または並列回路をも有し得る。この場合、個々のブリッジ配置の基準方向が互いにたとえば45°または90°の予め定められた角度をなすことも可能である。

【0028】センサ要素のブリッジ配置は本発明によるセンサ装置における特別な場合に過ぎない。すなわち、純粋に温度依存性の信号部分および温度および磁界依存性の信号部分に信号を分離するために、純粋に温度依存性の信号部分に対するセンサ要素の対および温度および磁界依存性の信号部分に対する個別のセンサ要素のみが必要である。図9は、バイアス磁化方向が逆並列に延びており、また基準線bを定めるセンサ要素対S1、S2と、バイアス磁化方向が基準線bに対して垂直に延びている個別のセンサ要素S3とを有する疑似ブリッジ配置B3の第1の実施例を示す。センサ要素S1、S2の対は同様に直列に接続されており、また電流I1を流される。それに対して並列に、別個の電流供給源の電流I2を流されるセンサ要素S3が位置している。電流I1およびI2を導く両電流枝路Z1およびZ2は、図示されている実施例によれば、並列に配置されており、また共通に一端において零電位におかれている。両電流I1およびI2が等しい大きさであるという前提のもとに、ブリッジ回路B1の場合と類似の評価が生ずる。しかし、ここでは、センサ要素の数が比較的少なくすむという利点が得られる。こうして信号に対してはここでも式(5)が当てはまる。

【0029】3つのセンサ要素S1、S2およびS3の疑似ブリッジ配置B4の図10中に示されている別の実施例が図9による配置B3と相違する点は、その個別のセンサ要素S3がセンサ要素対S1、S2の基準線bと(図8による実施例の場合のように)たとえば45°の任意の角度βをなすことのみである。ここでも、もちろん図9による実施例の場合のように、任意のバイアス磁化方向を有する、ただし常に固有の電流供給を有する多数の追加的な個別センサ要素を並列接続することができる。疑似ブリッジ配置B4の信号に対してその場合に図8によるブリッジ配置B2とのアナロジーで式(7)が生ずる。

【0030】図11により明らかにされるように、36

0°の検出範囲を有する本発明によるセンサ装置を構成するため、その疑似ブリッジ配置B5の両電流枝路Z1およびZ2は必ずしも図9に相応して一方の側にいわば並列接続されていなくてよい。それどころか、3つのセンサ要素S1、S2およびS3が電氣的に相前後して(直列に)接続されることも可能である。この場合、逆並列に向けられ基準線bを決定する磁化m₁、およびm₂を有するセンサ要素S1およびS2に第1の電流枝路Z1が対応付けられており、また基準線bにくらべてたとえば直角に向けられている磁化m₃を有する第3のセンサ要素S3に第2のブリッジ枝路Z2が対応付けられている。図面中にはさらに、3つの演算増幅器O7ないしO9の出力端から取り出すべき予め定められたU1ないしU3が示されている。その際に演算増幅器O7の両入力端は両センサ要素S1およびS2の直列回路に接続されており、他方において演算増幅器O8およびO9の入力端は個々のセンサS2またはS3を介して接続されている。

【図面の簡単な説明】

【図1】GMR効果を有する公知のセンサ要素の抵抗特性を示す図。

【図2】GMR効果を有する4つのセンサ要素から成るブリッジ回路を有する本発明によるセンサ装置を示す図。

【図3】一定の温度の際の図2によるブリッジ回路における電圧を示す図。

【図4】図2によるブリッジ回路の信号評価のための回路のブロック回路図。

【図5】図4による信号評価回路を有する図2によるブリッジ回路における電圧の差を示す図。

【図6】図2によるブリッジ回路の信号評価のための別の回路のブロック回路図。

【図7】図6による信号評価回路を有する図2によるブリッジ回路における電圧の差を示す図。

【図8】4つのセンサ要素のブリッジ回路を有する別のセンサ装置を示す図。

【図9】全体として3つのセンサ要素を有する2つの電流枝路を有する第3のセンサ装置を示す図。

【図10】同じく2つの電流枝路のなかに3つのセンサ要素を有する第4のセンサ装置を示す図。

【図11】同じく2つの電流枝路のなかに3つのセンサ要素を有する第5のセンサ装置を示す図。

【符号の説明】

S1～S4、S3'、S4' センサ要素

m₁、m₂、m₃、m₄、m₁'、m₄' バイアス磁化

b1、b 基準線

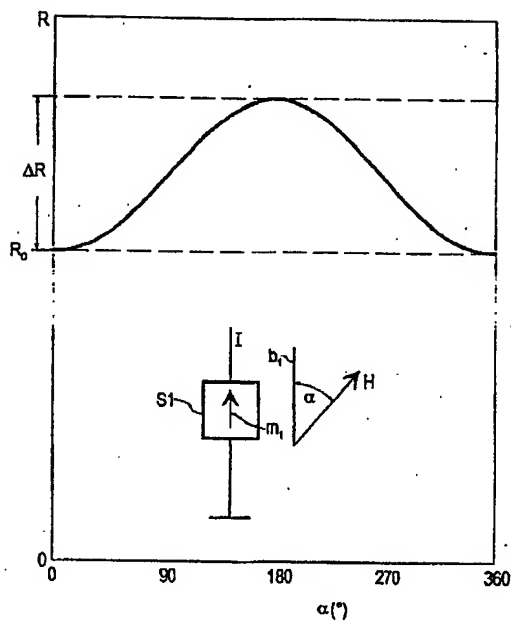
H 磁界

(7)

特開平10-70325

11
 α 磁界と基準線との間の角度
 R 抵抗
 R_0 基本抵抗
 ΔR 磁界依存性の抵抗
 I, I_1, I_2 電流
 B_1, B_2 ブリッジ配置
 Z_1, Z_2, Z_2', Z_2'' 電流枝路
 A_1, A_2 ブリッジ接続点
 P_1, P_2 測定点

【図1】

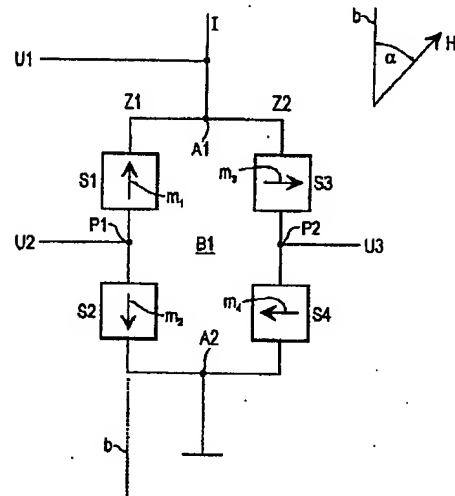


12

* U, U_1, U_2, U_3 電圧
 U_0 基本電圧
 ΔU 電圧振幅
 $0.1 \sim 0.9$ 演算増幅器
 a_1, a_2 演算増幅器の出力端
 R', R'' 分圧器抵抗
 β 磁化と基準線との間の角度
 B_3, B_4, B_5 擬似ブリッジ配置

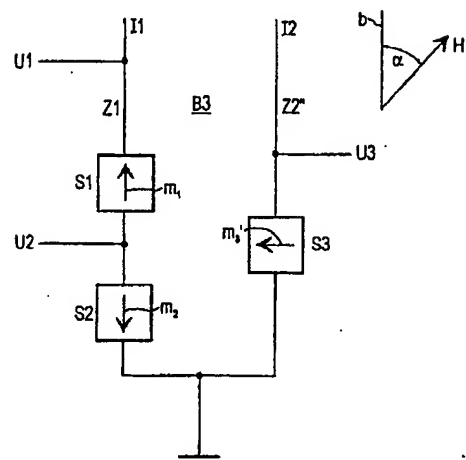
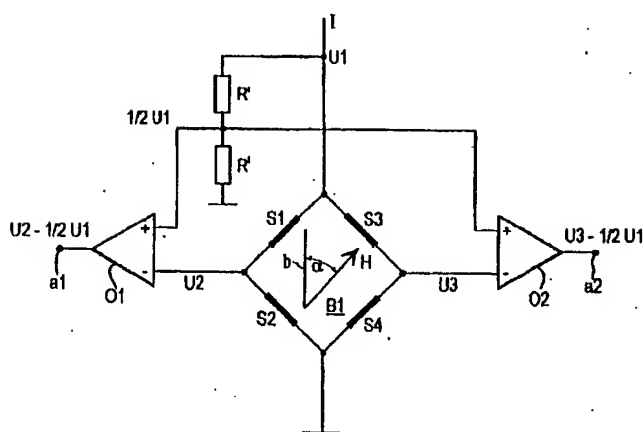
*

【図2】

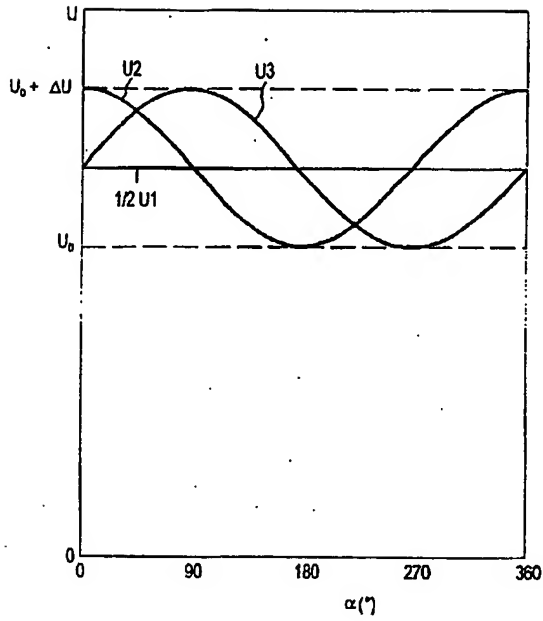


【図9】

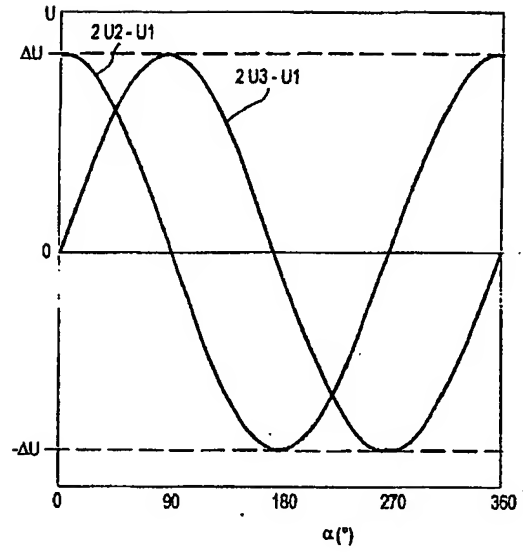
【図4】



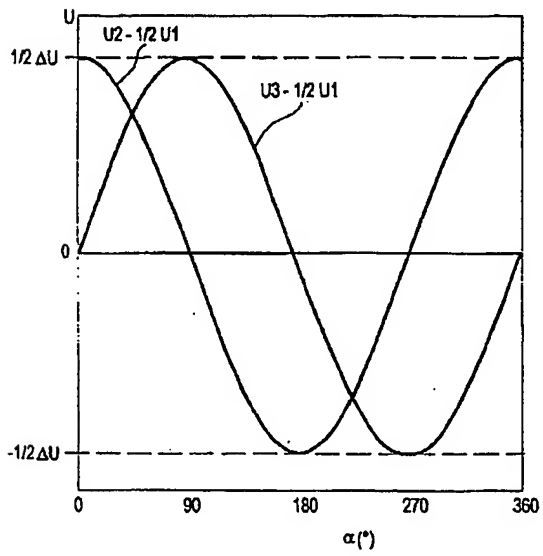
【図3】



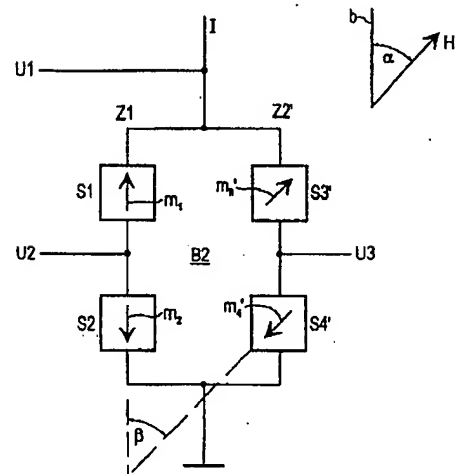
【図7】



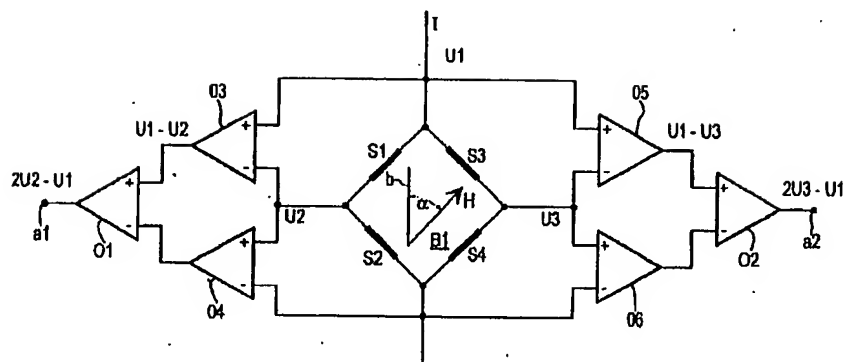
【図5】



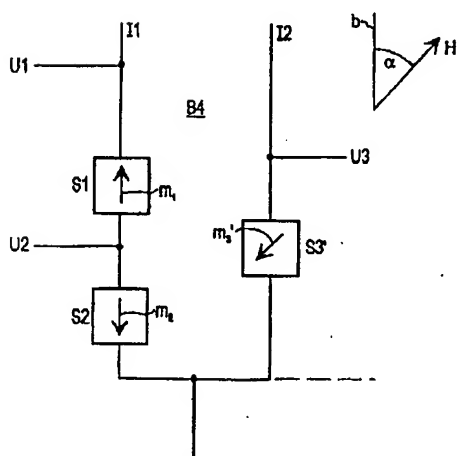
【図8】



【圖 6】



【圖 10】



【圖 11】

